

УДК 620.186

**ФРИКЦИОННАЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩАЯ ОБРАБОТКА АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВОГО
СПЛАВА АМГ6БМ ИНСТРУМЕНТОМ С РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ПИНА**А.В. Судариков¹, А.Р. Добровольский¹, Д.В. Индоиту¹Научный руководитель: к.т.н. А.В. Чумаевский²¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

Россия, г. Томск, пр. Академический 2/4, 634055

E-mail: tch7av@gmail.com**FRICITION STIR PROCESSING OF ALUMINUM-MAGNESIUM ALLOY BY TOOLS WITH
DIFFERENT PIN CONFIGURATIONS**A.V. Sudarikov¹, A.R. Dobrovolskii¹, D.V. Indoitu¹Scientific Supervisor: Dr. A.V. Chumaevskii²¹Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050²Institute for Physics of Strength and Material Science of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,

Russia, Tomsk, 2/4 Akademicheskii ave., 634055

E-mail: tch7av@gmail.com

Abstract. The paper investigates the features of the friction stir treatment process of aluminum-magnesium alloy using tools with a screw pin and with a square section pin. The conducted studies show that during the machining process with a tool with a square cross-section pins it is possible to form instabilities during treatment, leading to non-uniform longitudinal movement of the tool and formation of defects. One mechanism for this phenomenon could be contamination of the surface of the aluminum-magnesium alloy treating tool after working on aluminum-silicon alloys, resulting in unstable adhesion contact. This effect is less noticeable for treating by tool with a cylindrical pin.

Введение. Использование фрикционной перемешивающей обработки для упрочнения деталей машин и механизмов из алюминиевых, медных и других сплавов является на настоящее время актуальным с точки зрения получения в поверхностных слоях износо- и коррозионностойких покрытий. Механизм влияния на структуру фрикционной перемешивающей обработки аналогичен механизму сварки трением с перемешиванием и основан на эффекте адгезионного трения [1-3]. Потенциально данный вид обработки имеет широкие перспективы для формирования износостойких поверхностных структур и получения легких деталей триботехнического назначения. Для обработки металлов и сплавов применяется инструмент с различной конфигурацией пина, плеч и из различного материала. При этом, как показывает ряд проведенных работ, влияние конфигурации инструмента на процесс фрикционной перемешивающей обработки и формируемую структуру зоны перемешивания может быть достаточно сложным и обуславливаться достаточно тонкими особенностями. Целью настоящей работы является

исследование закономерностей фрикционной перемешивающей обработки алюминиево-магниевого сплава АМг6БМ путем обработки инструментом с различной конфигурацией пина.

Экспериментальная часть. Образцы получены методом фрикционной перемешивающей обработки инструментом с пином квадратного сечения и инструментом с винтовым пином на экспериментальном оборудовании в Институте физики прочности и материаловедения. Обработку проводили при скорости вращения инструмента от 500 об/мин и скорости подачи 90 мм/мин. Сила прижима инструмента к материалу заготовки составляла до 1350 кг. Обработку осуществляли от одного - до четырех проходов инструментом по одной и той-же области. Управление положением инструмента по вертикальной оси при обработке осуществлялось по нежёсткой схеме с поддержанием нагрузки. В цикл работ по фрикционной перемешивающей обработке входили также исследований параметров процесса для упрочнения алюминиево-кремниевых сплавов. По этой причине часть образцов получена инструментом с поверхностью, загрязненной алюминиево-кремниевым сплавом. Структурные исследования проводили методом оптической микроскопии (микроскоп Альтами MET1C).

Результаты. При обработке сплава АМг6БМ инструментом с различной конфигурацией пина после обработки тем-же инструментом образцов сплава АК12 параметры процесса обработки, подобранные ранее, не соответствовали формированию бездефектных обработанных структур (рис. 1, а). При этом, дефекты строения зоны обработки существенно различались. Для образцов, обработанных инструментом с пином квадратного сечения, характерно наличие неоднородностей строения, чередующихся каждые несколько слоёв (**a1-a5** и др. на рис.1, а). Для образцов, полученных инструментом с винтовым пином неоднородности строения зоны обработки не выражены, и основным формируемым дефектом являлось заглупление инструмента в процессе обработки при постоянной нагрузке (рис. 1, b).

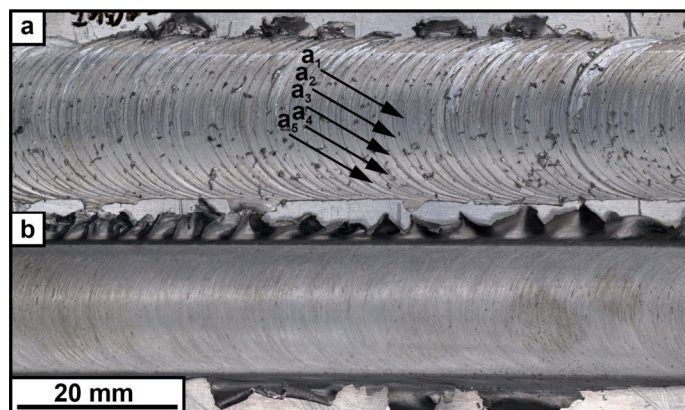


Рис. 1. Внешний вид поверхности зоны обработки инструментом с пином квадратной (а) и винтовой (b) формы

Обработка инструментом квадратного сечения с попыткой изменения параметров процесса получения образцов (усилие нормального давления в пределах 1050-1350 кг) не привело к ожидаемому результату (рис. 2). Неоднородности обработки образцов (**a1-a5** и др. на рис. 2) имеют регулярно повторяющееся строение и представлены материалом, выдавленным из зоны обработки таким образом, что процесс формирования образцов представляется имеющим помимо оси вращения инструмента - оси прецессии. Прецессирование, в свою очередь, указывает на нестабильность формирования и разрушения адгезионных связей инструмента и материала в процессе обработки, что при учете нежесткой схемы

управления координатой инструмента по вертикальной оси вполне ожидаемо. Предположительно такой эффект связан с наличием на поверхности инструмента налипшего материала алюминиево-кремниевого сплава АК12, что приводит к разрушению адгезионных связей между сплавом АМг6БМ и инструментом и приводит к проявлению неоднородностей процесса обработки, что, в свою очередь, частично подтверждается снижением дефектности строения при обработке после частичного истирания с поверхности инструмента сплава АК12 (а1-а5 на рис. 3).

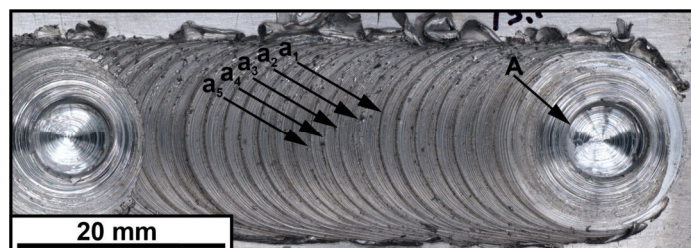


Рис. 2. Строеение зоны перемешивания образцов после обработки инструментом
с пином квадратного сечения

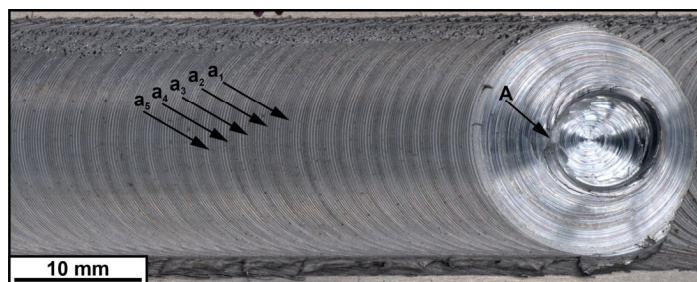


Рис. 3. Строеение зоны перемешивания образцов после обработки инструментом
с пином квадратного сечения

Заключение. Проведенные исследования показывают, что влияние формы пина инструмента на процесс обработки может сказываться в различной устойчивости инструмента к наличию на поверхности загрязнений от обработки других алюминиевых сплавов. В то время, как инструмент с пином квадратной формы имеет тенденцию к проявлению нестабильностей движения при обработке с «прецессией» оси вращения, инструмент с винтовым пином проявляет склонность к повышенному образованию грата и заглублиению в материал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ma, Z.Y. Friction stir processing technology: A review // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science. – 2008. – V. 39 A (3). – P. 642-658.
2. Padhy, G.K., Wu, C.S., Gao, S. Friction stir based welding and processing technologies - processes, parameters, microstructures and applications: A review // Journal of Materials Science and Technology. – 2018. – V. 34 (1). – P. 1-38.
3. Zykova, A.P., Tarasov, S.Y., Chumaevskiy, A.V., Kolubaev, E.A. A review of friction stir processing of structural metallic materials: Process, properties, and methods // Metals. – 2020. V. 10 (6). – P. 1-35.